

PERCHÉ IL GUSTO DEL CAFFÈ È COSÌ BUONO

MARIA ELISABETTA BRENNA (*), CLAUDIO FUGANTI (*)

Nota presentata dal m.e. Claudio Fuganti
(Adunanza del 20 dicembre 2012)

SUNTO. – Il caffè contiene un numero molto elevato di composti volatili che contribuiscono al caratteristico aroma. Si tratta di ‘aromi termici’ generati durante la tostatura. Nessuno di questi possiede le caratteristiche di ‘impact flavour’, per cui il gusto del caffè dipende dalla presenza contemporanea di un numero elevato di componenti. Tuttavia, almeno quattro di questi sono utili per dare un ‘buon’caffè.

ABSTRACT. – Coffee contains a huge amount of volatile components which contribute to the characteristic flavour. These materials are generated during the heating process. No one of these materials can be considered the ‘impact flavour’. Accordingly, the whole flavour depends upon the presence of an elevated number of components. However, at least four of the materials of are essential for a ‘good’ coffee.

L'albero del caffè appartiene alla famiglia delle Rubiaceae, ordine Gentianales, 80 specie nel genere *Coffea*. Di queste, solo *C. arabica* e *C. canephora* var. *robusta* sono commercialmente importanti, con produzione annua di 6 milioni ton/anno (Fig. 1). Nella Fig. 2 è riportato un grafico della produzione (anno 2001) dei maggiori Paesi. Nella Fig. 3 è riportato un grafico del consumo pro-capite kg/anno per i maggiori paesi consumatori (anno 2000). Nella Fig. 4 c'è la composizione tipica del caffè grezzo per le

(*) Dipartimento di Chimica del Politecnico di Milano, Italy.
E-mail: mariaelisabetta.brenna@polimi.it

due varietà arabica e robusta. Nella Fig. 5 sono riportate la formula di struttura dei componenti chimici più rilevanti, che tuttavia non contribuiscono all'aroma dell'infuso acquoso derivante dai chicchi di caffè tostati.



Fig. 1.

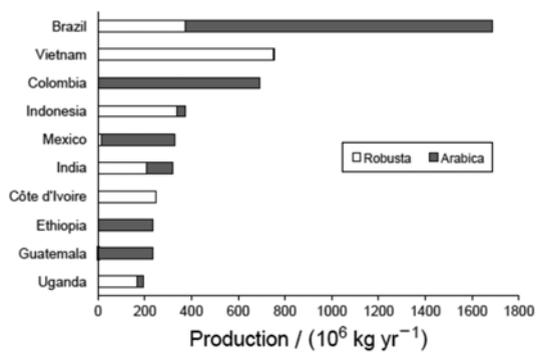


Fig. 2.

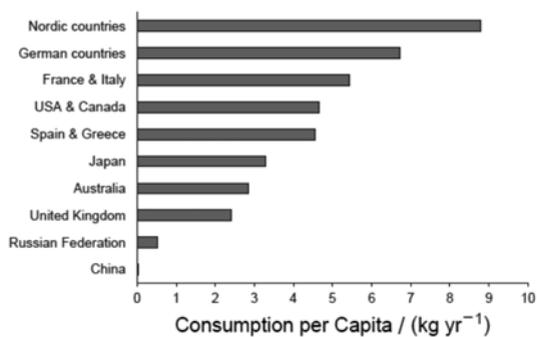


Fig. 3.

Composizione tipica del caffè grezzo		
<i>componenti</i>	<i>arabica (%)</i>	<i>robusta (%)</i>
Caffeina	0.9 - 1.2	1.6 - 2.4
Minerali	3.4 - 4.2	4.0 - 4.5
Lipidi	12.2 - 18.0	9.0 - 13.0
Trigonellina	1.0 - 1.2	0.6 - 0.75
Proteine	11.0 - 13.0	11.0 - 13.0
Acidi alifatici	1.5 - 2.0	1.5 - 2.0
Acidi clorogenici	5.5 - 8.0	7.0 - 10.0
Oligosaccaridi	6.8 - 8.0	5.0 - 7.0
Polisaccaridi	50.0 - 55.0	37.0 - 47.0

Fig. 4.

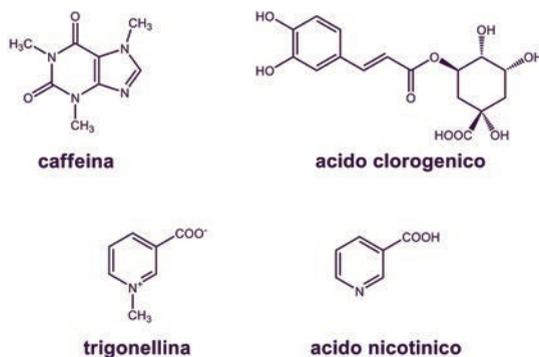


Fig. 5.

La storia dell'analisi dei componenti volatili dell'infuso del caffè tostato (=caffè) inizia più di un secolo fa (Fig. 6). Dei dieci componenti volatili isolati puri all'inizio del secolo scorso nessuno possedeva il gusto del caffè. Ma il primo studio sistematico sull'aroma del caffè iniziò dopo la fine della prima guerra mondiale in Svizzera, paese che ebbe molto a soffrire durante la guerra per la mancanza di caffè. In seguito agli studi di Reichstein (premio Nobel per la chimica nel 1939) e di Staudinger furono isolati attraverso distillazione e condensazione a -180°C settanta composti odorosi, ventinove dei quali erano liquidi.

Nessuno dei composti isolati ricordava nell'odore il caffè. Solo uno, il 2-furfurilmetantiolo, conferiva alla soluzione acquosa molto diluita un vago profumo di caffè molto tostato (*Fig. 7*).

**Analisi dei componenti del caffè
cenni storici**

- Fino all'inizio del secolo scorso erano stati identificati 10 composti *volatili* assolutamente privi dell'aroma di caffè: ammoniacca, metilamina, trietilamina, pirrolo, piridina, acetone, acido formico e valerico, furfurolo e alcool furfurilico.
- Durante la prima guerra mondiale la Svizzera ebbe particolarmente a soffrire per la mancanza di caffè. Nell'immediato dopoguerra, il Governo Svizzero creò la Fondazione Federale per la Promozione dell'Economia Federale attraverso la Ricerca Scientifica. In questo ambito, T. Reichstein (premio Nobel per la chimica nel 1939) e H. Staudinger ebbero un consistente finanziamento per studiare l'aroma del caffè.

Fig. 6.

- Fra il 1921 e il 1930 isolarono attraverso distillazione e condensazione a -180°C settanta composti odorosi, dei quali ventinove erano liquidi.
- Nessuno dei composti isolati ricordava nell'odore il caffè. Solo uno, il 2-furfurilmetantiolo, conferiva alla soluzione acquosa molto diluita un vago profumo di caffè molto tostato

Fig. 7.

La parte più importante ai fini dello sviluppo dell'aroma del caffè è la tostatura. Questo processo che può raggiungere anche i 220°C determina una drastica alterazione della composizione chimica del caffè, mantenendo inalterato il contenuto di caffeina e di lipidi (*Fig. 8*). Diminuiscono soprattutto zuccheri e amminoacidi che vengono consumati in reazioni di Maillard. Si tratta di reazioni fra l'ammino gruppo degli amminoacidi e il carbonile degli zuccheri. La decomposizione successiva durante l'infusione di questi intermedi labili genera compo-

sti a basso peso molecolare, che in parte polimerizzano dando luogo alle melanoidine con peso molecolare di *ca.* 10.000 Da (*Fig. 9*).

La tostatura

Durante la tostatura si realizzano reazioni pirolitiche all'interno della cellule del caffè che possono essere assimilate a delle piccole autoclavi in cui si raggiunge anche la pressione di 25 bar, grazie all'inusuale robustezza delle pareti cellulari. La temperatura interna più elevata raggiunta per la preparazione dell'espresso è di 220 °C.

La tostatura modifica drasticamente la composizione chimica, mantenendo inalterato il contenuto di caffeina e di lipidi.

Fig. 8.

Le quantità di zuccheri e di ammino acidi liberi o legati alle proteine diminuisce di molto, venendo consumati nelle reazioni di Maillard. Queste sono reazioni di condensazione fra il carbonile di uno zucchero riducente e l'ammino gruppo di un ammino acido. La decomposizione di tali intermedi labili genera una moltitudine di composti a basso peso molecolare, i più reattivi dei quali polimerizzano in strutture poco definite.

Accanto ai materiali polimerici (massa \geq 10.000 Da), denominati *melanoidine*, colorate di marrone e contenenti azoto, si sviluppano anidride carbonica e centinaia di composti volatili che impartiscono al caffè il tipico aroma. Le *melanoidine*, solubili in acqua, agiscono come pigmenti e sono rilevanti ai fini del binding degli aroma e della stabilizzazione della schiuma.

Fig. 9.

In *Fig. 10* è riportato il numero di componenti aromatici di caffè, cacao e tè per le varie classi strutturali. Colpisce l'elevato numero di fenoli, furani e tiofeni del caffè in paragone con cacao e tè.

Nella *Fig. 11* sono riportate le valutazioni aromatiche di soluzioni acquose dei singoli componenti volatili del caffè. In *Fig. 12* ci sono le strutture e le soglie di percezione in acqua dei più importanti componenti aromatici del caffè. In *Fig. 13* sono riportate le strutture di un aldo-esoso e di tre furani solforati molto importanti ai fini dell'aroma complessivo

del caffè. La Fig. 14 riporta la soglia di percezione dei dieci componenti aromatici ritenuti più importanti per l'espressione di un buon aroma caffè, mentre nella Fig. 15 sono riportate le concentrazioni delle varie sostanze nelle varietà arabica e robusta. Da notare le differenze di quantità di damascenone, guaiacolo e 4-vinilguaiacolo fra le due.

Costituenti aromatici di: caffè, cacao e tè			
	caffè	cacao	tè
1. idrocarburi	51	45	28
2. alcoli	19	27	45
3. aldeidi	28	24	54
4. chetoni	70	28	55
5. acidi	20	37	27
6. esteri	30	55	62
7. lattoni	8	6	14
8. ammine	21	9	6
9. tioli, solfuri	13	15	5
10. fenoli	44	8	15
11. furani	108	16	12
12. tiofeni	26	-	1
13. pirroli	74	10	10
14. pirazine	79	77	23
15. tiazoli	27	3	7
16. ossazoli	28	4	1

Fig. 10.

Aroma di soluzioni acquose di singoli componenti volatili del caffè	
Composto	Aroma
2-furfuriltiolo	caffè troppo tostato
4-vinilguaiacolo	aromatico-fenolico
4-idrossi-2,5-dimetil-3[2H]-furanone	caramello
2-isobutil-3-metossipirazina	paprica
metionale	patata fritta
3-mercapto-3-metilbutilformiato	urina di gatto
2-etil-3,5-dimetilpirazina	terroso-tostato
2,3-dietil-5-metilpirazina	" "
3-idrossi-4,5-dimetil-2[5H]-furanone	minestra di verdura
5-etil-3-idrossi-4-metil-2[5H]-furanone	" "
(E)-damascenone	miele-fruttato
vanillina	Vaniglia
2-metil-3-furantiolo	carne arrostita
acidi 2/3-metilbutirrici	sudore
3-mercapto-3-metilbutan-1-olo	brodo di carne
2,6-dimetil-3-isopropilpirazina	patata lessata con la buccia
2-metilditiometilfurano	pane bianco fresco di forno

Fig. 11.

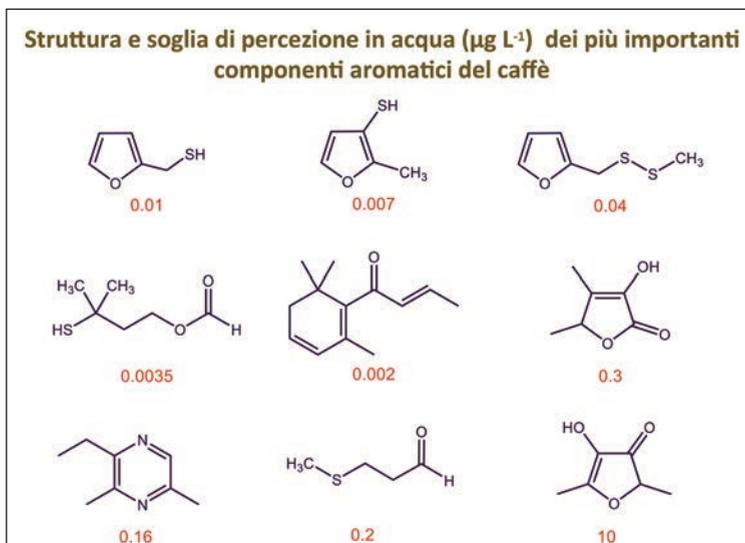


Fig. 12.

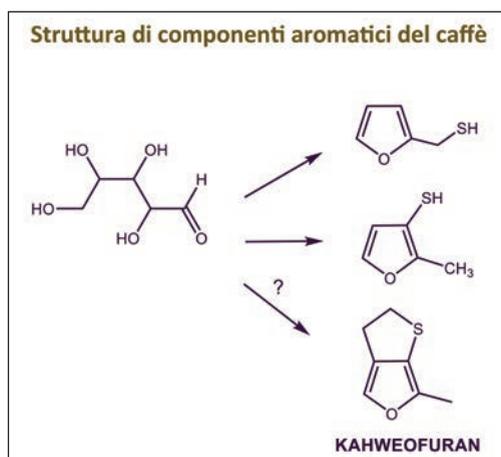


Fig. 13.

In Fig. 16 sono riportate le concentrazioni e il valore aromatico dei principali componenti odorosi dei caffè arabica e robusta tostati, da cui si evince che sono i primi quattro composti della lista quelli che caratterizzano la bontà del caffè.

Soglia di percezione dei principali componenti aromatici del caffè sciolti in acqua in $\mu\text{g L}^{-1}$	
2-furfurilmetantiolo	0,01
2,3-butandione	15
4-idrossi-2,5-dimetil-3[2H]-furanone	10
metionale	0,2
3-mercapto-3-metilbutilformiato	0,0035
2-etil-3,5-dimetilpirazina	0,16
3-idrossi-4,5-dimetil-2[5H]-furanone	0,3
β -damascenone	0,002
2-metil-3-furantiolo	0,007
2-metilditiometilfurano	0,04

Fig. 14.

Concentrazione dei principali componenti odorosi dei caffè arabica e robusta tostati		
composto	arabica [mg kg^{-1}]	robusta [mg kg^{-1}]
2-furfurilmetantiolo	1,08	1,73
β -damascenone	1,195	0,205
3-mercapto-3-metilbutilformiato	0,130	0,115
3-metil-2-butentiolo	0,0082	0,0083
2-isobutil-3-metossipirazina	0,083	0,012
4-idrossi-2,5-dimetil-3[2H]-furanone	109,0	57,0
guaiacolo	4,2	28,2
4-vinilguaiacolo	64,8	177,7
2,3-butandione	50,8	47,8
2-etil-3,5-dimetilpirazina	0,33	0,94

Fig. 15.

Quanto esposto finora giustifica la grande variabilità di gusto che il consumatore ritrova nei vari 'preparati' a base di caffè tostato. La composizione tipica del caffè grezzo (Fig. 4) influisce relativamente poco. Determinanti ai fini del gusto sono la tostatura e il modo di preparazione della bevanda. Nel primo processo si forma un numero enorme di composti aromatici volatili, nessuno dei quali possiede le caratteristiche di aroma caratterizzante ('impact flavour'). Per di più, la composizione degli aromi volatili di un determinato macinato dipende molto dal modo e dalla temperatura di estrazione con acqua che avviene nella preparazione della bevanda. Tuttavia, appare da studi recenti che 'un buon' caffè debba avere concentrazioni elevate di tutti i primi quattro composti della

Fig. 16. Infine, è stato dimostrato che la nota caratteristica del caffè 'all'italiana' sia dovuta alla presenza di concentrazioni elevate di composti fenolici (Fig. 15) tipica della varietà *robusta*.

Concentrazione e valore aromatico dei principali componenti odorosi dei caffè arabica e robusta tostati			
composto	arabica		robusta
	[mg.kg ⁻¹]		[mg.kg ⁻¹]
2-furfurilmetantiolo	1,08	1,1·10 ⁵	1,73
β-damascenone	1,195	9,8·10 ⁴	0,20
3-mercapto-3-metilbutilformiato	0,130	3,7·10 ⁴	0,115
3-metil-2-butentiolo	0,0082	2,7·10 ⁴	0,0083
2-isobutil-3-metossipirazina	0,08	1,7·10 ⁴	0,012
4-idrossi-2,5-dimetil-3[2H]-furanone	109,0	1,1·10 ⁴	57,0
guaiacolo	4,2	1,7·10 ³	28,2
4-vinilguaiacolo	64,8	3,2·10 ³	177,7
2,3-butandione	50,8	3,4·10 ³	47,8
2-etil-3,5-dimetilpirazina	0,33	2,1·10 ³	0,94

Fig. 16.

Infine, uno sguardo ai composti che 'spogliano' l'aroma del caffè. Questi sono il tricloroanisolo (odore di terra bagnata), derivato dalla degradazione microbica di fungicidi a base di pentaclorofenolo, e il metilisoborneolo (odore di tappo), metabolita di muffe che infettano il caffè (Fig. 17).

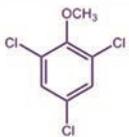
'AROMA DEFECTS'
del caffè

E' abbastanza frequente che intere partite di chicchi siano 'ammalorate' a causa di 'off flavors' definiti come:

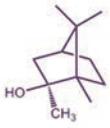
'sacco di juta'
'pisello'
'Rio-taste'

Fra gli 'agenti chimici' responsabili ci sono:

- il 2,4,6-tricloroanisolo (ODORE DI TERRA BAGNATA) prodotto di degradazione microbica e metilazione di fungicidi a base di pentaclorofenolo.
- il metilisoborneolo, metabolita di muffe (ODORE DI TAPPO)



soglia di percezione in acqua:
3,0·10⁻² µg/L



soglia di percezione in acqua:
3,0·10⁻² µg/L

Fig. 17.

Altri componenti maleodoranti del caffè, dotati anche loro di soglie di percezione piuttosto basse sono lo scatolo e la geosmina (Fig. 18). Nelle Fig. 19 e Fig. 20 sono riportati dati relativi agli effetti fisiologici del caffè, assieme alla bibliografia rilevante sull'argomento.

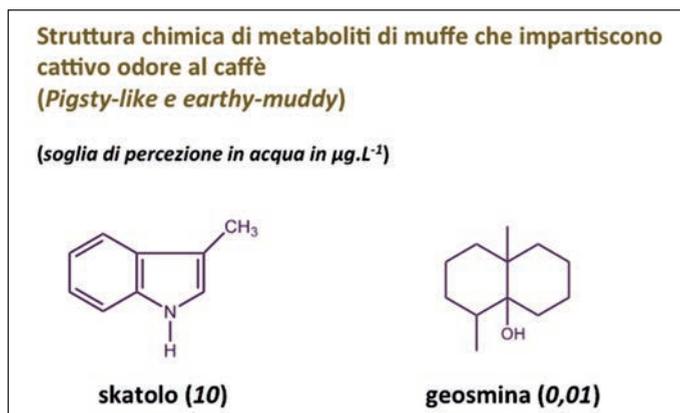


Fig. 18.

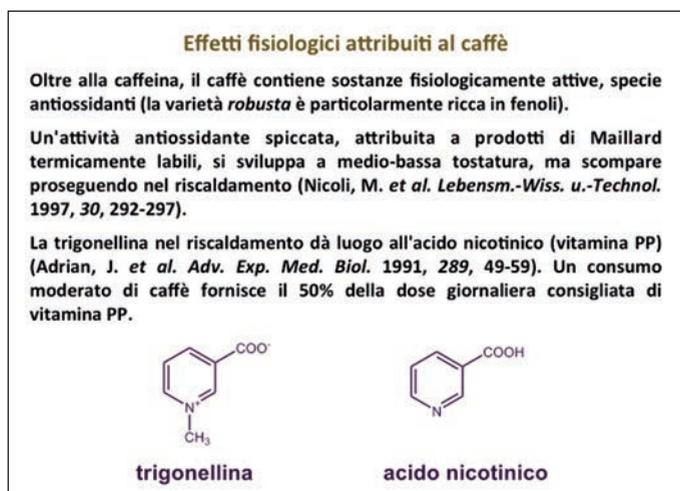


Fig. 19.

Notevole attività antiossidante è stata osservata nel siero umano dopo somministrazione orale di 200 mL di caffè preparato da 12 g di caffè tostato (Natella, F. et al. *J. Agric. Food. Chem.* 2002, 50, 6211-6216). Questa azione è stata attribuita alla presenza di un prodotto di Maillard ionico (metilpiridinio derivante dalla trigonellina) (Somoza, V. et al. *J. Agric. Food Chem.* 2003, 51, 6861-6869)

BIBLIOGRAFIA SULL'AROMA DEL CAFFÈ'

- Flament, I. et al., *Chemistry and Industry* 1988, 592-596
Grosch, W. *Chem. unserer Zeit* 1996, 30, 126-133
Petracco, M. *J. Chem. Educ.* 2005, 82, 1161-1167
Brenna, E. et al., *J. Chem. Res.* 1998, 74-75

Fig. 20.

